

ALCA-Next

「グリーンコンピューティング・DX」領域

2024 年度 年次報告書

2023 年度採択

[研究開発代表者名: 桐谷 乃輔]

[東京大学大学院総合文化研究科 准教授]

[研究開発課題名: 自発循環型エレクトロニクスの創出]

主たる共同研究者:

[竹井 邦晴 (北海道大学大学院情報科学研究院 教授)]

[瀧ノ上 正浩 (東京科学大学情報理工学院 教授)]

実施期間 : 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

本研究課題は、半導体デバイスの機能形成の機軸へ可逆的な状態変換を取り入れることを目指している。本プロジェクトは 2023 年 11 月に開始し、2024 年度は実験環境の整備を完了させ、対象とする実験を本格的に開始した。

本年度は、半導体物質を基礎とする電子素子に対して、状態変化を誘起するための物質論的アプローチの確立、および時間的変動を伴うシステム構築に向けた物質設計と理論的枠組みの整備に注力した。具体的には、酸化還元活性を有する分子を低次元半導体と接触させることで、p 型と n 型の双方の状態間での変換を誘導するための物質設計を行なった。その過程では、いくつかの新規な分子種を見出し、それらの酸化状態の変化に連動して、低次元半導体の性質を変化させることに成功している。さらに、その変換過程を in situ でリアルタイムに観測・制御をするために、電気化学測定系を導入した実験系を構築した。これは、通常の半導体パラメータアナライザを利用した実験系とは異なる構成である。これまでのところ、単一素子スケールながら、分子の状態変化に合わせて、半導体の素子の状態が変化される可能性を見出しつつある。加えて、類似の物質システムにおいて、量子的な相への転移を示唆する結果を得つつあり、状態変化を介した新たな物質デバイス機能の創出に向けた展開が可能となりつつある。理論面では、分子の集積・乖離に基づく二状態モデルに着目し、可逆的な変換過程に関する理論的な枠組みを構築した。これにより、状態をダイナミックかつ定常的に変化し続ける可能性について検討をすすめている。次年度以降は、これらの結果を踏まえて、半導体素子の状態変換の可逆制御に向けた研究をさらに進めてゆく。

【代表的な原著論文情報】

P. Jain, et al., Heavily Doped Monolayer MoS₂ by Sub-nm Thick Assembly of Dopant Molecules, ACS Appl. Electro. Mater. 7, 2298-2304 (2025).

H. Nakamura, et al., Flexible electronic brush: Real-time multimodal sensing powered by reservoir computing through whisker dynamics, Sci. Adv. 11, eads4388 (2025).

H. Nakamura, et al., Solution-Processed Flexible Temperature Sensor Array for Highly Resolved Spatial Temperature and Tactile Mapping Using ESN-Based Data Interpolation, ACS Applied Materials and Interfaces, 16, 19198–19204 (2024).